



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11293338 A**(43) Date of publication of application: **26.10.99**

(51) Int. Cl. **C21D 8/12**  
**C22C 38/00**  
**C22C 38/58**  
**H01F 1/16**

(21) Application number: **10104678**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**(22) Date of filing: **15.04.98**(72) Inventor: **SHIMAZU TAKAHIDE**

(54) **PRODUCTION OF NONORIENTED SILICON  
 STEEL SHEET EXCELLENT IN SURFACE  
 PROPERTY**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a nonoriented silicon steel excellent in surface properties and magnetic properties by a process using the recycling of an iron resource as a basis.

**SOLUTION:** A hot rolled sheet contg., by

weight, 20.005% C, 1.0 to 4.0% Si, 24% Al, 22% Mn, 20.2% P, 20.005% S, 20.004% N, 0.001 to 0.2% Sn, >0.3 to 2% Cu, 0.005 to 0.1% Ni, 0.005 to 0.2% Cr, 0.0001 to 0.008% V, 20.005% B, 20.01% Ti and 20.01% Nb and the balance Fe with inevitable impurities is subjected or not subjected to hot rolled sheet annealing, is next subjected to cold rolling and is annealed. Skinpass cold rolling may be executed after the annealing.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-293338

(43)公開日 平成11年(1999)10月26日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>  
 C 2 1 D 8/12  
 C 2 2 C 38/00  
 38/58  
 H 0 1 F 1/16

識別記号

3 0 3

F I

C 2 1 D 8/12 A  
 C 2 2 C 38/00 3 0 3 U  
 38/58  
 H 0 1 F 1/16 A

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-104678

(22)出願日 平成10年(1998)4月15日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 島津 高英

兵庫県姫路市広畑区富士町1番地 新日本  
製鐵株式会社広畑製鐵所内

(74)代理人 弁理士 田村 弘明 (外1名)

(54)【発明の名称】 表面性状の優れた無方向性電磁鋼板の製造方法

(57)【要約】

【課題】 表面性状と磁気特性が優れた無方向性電磁鋼板を、鉄資源のリサイクルを基本としたプロセスで製造する。

【解決手段】 重量%で、 $C \leq 0.005\%$ 、 $Si:1.0 \sim 4.0\%$ 、 $Al \leq 4\%$ 、 $Mn \leq 2\%$ 、 $P \leq 0.2\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、 $N \leq 0.004\%$ 、 $Sn:0.001 \sim 0.2\%$ 、 $Cu:0.3\% \text{超} \sim 2\%$ 、 $Ni:0.005 \sim 0.1\%$ 、 $Cr:0.005 \sim 0.2\%$ 、 $V:0.0001 \sim 0.008\%$ 、 $B \leq 0.005\%$ 、 $Ti \leq 0.01\%$ 、 $Nb \leq 0.01\%$ とし、残部Feおよび不可避免的成分を含有する熱延板を熱延板焼鈍を実施または実施することなく、次いで冷延し、焼鈍することを特徴とする表面性状の優れた無方向性電磁鋼板の製造方法。焼鈍してからスキンパス冷延することを特徴とする表面性状に優れた無方向性電磁鋼板の製造方法。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 重量%で、

C ≤ 0.005%、  
 Si : 1.0 ~ 4.0%、  
 Al ≤ 4%、  
 Mn ≤ 2%、  
 P ≤ 0.2%、  
 S ≤ 0.005%、  
 N ≤ 0.004%、  
 Sn : 0.001 ~ 0.2%、  
 Cu : 0.3%超 ~ 2%、  
 Ni : 0.005 ~ 0.1%、  
 Cr : 0.005 ~ 0.2%、  
 V : 0.0001 ~ 0.008%、  
 B ≤ 0.005%、  
 Ti ≤ 0.01%、  
 Nb ≤ 0.01%

とし、残部Feおよび不可避免的成分を含有する熱延板を熱延板焼鈍を実施または実施することなく、次いで冷延し、焼鈍することを特徴とする表面性状の優れた無方向性電磁鋼板の製造方法。

## 【請求項2】 重量%で、

C ≤ 0.005%、  
 Si : 1.0 ~ 4.0%、  
 Al ≤ 4%、  
 Mn ≤ 2%、  
 P ≤ 0.2%、  
 S ≤ 0.005%、  
 N ≤ 0.004%、  
 Sn : 0.001 ~ 0.2%、  
 Cu : 0.3%超 ~ 2%、  
 Ni : 0.005 ~ 0.1%、  
 Cr : 0.005 ~ 0.2%、  
 V : 0.0001 ~ 0.008%、  
 B ≤ 0.005%、  
 Ti ≤ 0.01%、  
 Nb ≤ 0.01%

とし、残部Feおよび不可避免的成分を含有する熱延板を熱延板焼鈍を実施または実施することなく、次いで冷延し、焼鈍してからスキンプス冷延することを特徴とする \* 40

## (1) 重量%で、

C ≤ 0.005%、  
 Al ≤ 4%、  
 P ≤ 0.2%、  
 N ≤ 0.004%、  
 Cu : 0.3%超 ~ 2%、  
 Cr : 0.005 ~ 0.2%、  
 B ≤ 0.005%、  
 Nb ≤ 0.01%、  
 Si : 1.0 ~ 4.0%、  
 Mn ≤ 2%、  
 S ≤ 0.005%、  
 Sn : 0.001 ~ 0.2%、  
 Ni : 0.005 ~ 0.1%、  
 V : 0.0001 ~ 0.008%、  
 Ti ≤ 0.01%

とし、残部Feおよび不可避免的成分を含有する熱延板を

\* 表面性状に優れた無方向性電磁鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電気産業分野でのモータや小型トランスのコアに使用される無方向性電磁鋼板の製造方法に関するものであり、特に、地球環境問題を解決する無方向性電磁鋼板の製造方法を提供するものである。

## 【0002】

10 【従来の技術】近年、地球環境の観点から、スクラップのリサイクルが大きな課題となってきた。このため、製鉄業でいえば、鉄鉱石を高炉で還元した溶銑を製鋼原料として使用する方法から自動車や空き缶などのスクラップを多量消費する製鋼法に大きく転換する動きが始まっている。

【0003】しかしながら、特に自動車の成分組成に関して言えば、エンジンやバッテリーなどの部品を除いた標準プレス品では、Cu量が1%以上もあり、このことがリサイクルへのネックになっている。なぜなら、従来、Cu量が0.3%以上では熱延での脆化割れが生じたため鉄鋼製品とならなかった。なお、自動車のプレス品にCu含有量が多いのは、モータなどの電装部品の数が多く、この電装部品の銅線のためである。

【0004】また、例えば、食缶からSn、ステンレス鋼板からNi、Crなどが混入し、これらの不純物を有効利用方法が現在まで提案されてこなかった。例えば、特開平7-268568号公報でスクラップから混入する不純物を積極活用する技術を提案したが、0.3%超のCu量に対しては方策がなかった。

30 【0005】また、特公平4-71989号公報では、Cuによる熱間脆性割れを0.1%以上のNi添加によって回避しているが、Ni添加コストの問題があった。

## 【0006】

【本発明が解決しようとする課題】本発明は上記の点に鑑み、安価な鉄スクラップを多量消費する道を切り開き、且つ、脆性問題と製品表面性状の問題とを解消しつつ、従前の優れた磁気特性を有する無方向性電磁鋼板の製造方法を提供する。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、

し、焼鈍することを特徴とする表面性状の優れた無方向

(2) 重量%で、

C ≤ 0.005%、

Al ≤ 4%、

P ≤ 0.2%、

N ≤ 0.004%、

Cu : 0.3%超～2%、

Cr : 0.005～0.2%、

B ≤ 0.005%、

Nb ≤ 0.01%

Si : 1.0～4.0%、

Mn ≤ 2%、

S ≤ 0.005%、

Sn : 0.001～0.2%、

Ni : 0.005～0.1%、

V : 0.0001～0.008%、

Ti ≤ 0.01%、

とし、残部Feおよび不可避免的成分を含有する熱延板を熱延板焼鈍を実施または実施することなく、次いで冷延し、焼鈍してからスキンパス冷延することを特徴とする表面性状に優れた無方向性電磁鋼板の製造方法である。

【0008】本発明のポイントは、以下の通りである。

Sn, Ni, Cr, Vなどを含有する成分系においては、Cu量が0.3%超で、なおかつSi量が1%未満では、熱間圧延で端面割れ、表面割れによる疵が発生して、製品表面疵となる。しかし、同様の高Cu系でも、Si量が1%以上では、熱間脆性が全く発生せず、製品

れる。

【0013】Mn量は2%以下とする。Mn量は2%超では、焼き入れ組織が形成されて、鋼板の冷間での脆性問題が生じるので不可である。なお、Mnも増加すれば鉄損が改善される。

【0014】Pは0.2%以下とする。Pは鋼板剛性を改善するが、0.2%超では凝固偏析して、冷間での脆性問題が生じるので不可である。S量を0.005%以下とする。S量が0.005%を超えると、MnSの析出物が増え、鉄損が劣化するので避ける。

【0015】N量は0.004%未満に制限する。0.004%以上では、プリスターと称されるフクレ状の表面欠陥が生じるためである。Sn量は0.001～0.2%とする。限定理由は、本発明のスクラップ利用の観点からSn量を0.001%以上とすること、また、0.2%超ではスクラップ以外のSn原料を添加する必要があつてコストがかかるためである。

【0016】Cu量は0.3%超～2%以下に制限する。Cu量の下限を0.3%としたのは、0.3%以下ではCu疵の問題がないため、また、2%超ではスクラップ以外のCu原料を添加する必要がありコストアップになるためである。

【0017】Ni量は、0.005～0.1%とする。本発明のスクラップ利用の観点から、0.005%以上とする。また、0.1%超ではスクラップ以外のNi原料を添加する必要があつてコストがかかるためである。

【0018】Cr量は、0.005～0.2%とする。本発明のスクラップ利用の観点から、0.005%以上とする。また、0.2%超ではスクラップ以外のCr原料を添加する必要があつてコストがかかるためである。

【0019】V量は0.0001～0.008%に限定する。スクラップ利用の観点から、V量は、0.0001とする。また、V量が0.008%を超えると、特に(Mn, Cu) x Sが微細析出して結晶粒成長を阻害して、鉄損が劣化する。このため、V量を0.0001～0.008%に規制する。

【0020】B量は0.005%以下に制限する。Bは磁気特性を改善する元素として知られているが、0.005%を超えると脆化して割れの問題が生じるので、0.005%以下とする。

【0009】一般的な述べかたをするが、無方向性電磁鋼板の歴史には、古くて長いものがある。1900年、Barrettらによる鉄にSiを添加することで鉄損が飛躍的に改善されることが発見された。以来、100年に渡って、営々と製造技術者によって実施されてきたことは、Si, Al, Mn以外の全ての不純物成分を如何に減少させるかであったし、そのたゆまぬ努力は、少しずつではあるが着実な成果として磁気特性に反映されてきた。その大いなる技術の流れから言えば、不純物を増やすことは、道理外ではある。しかしながら、一口に不純物として片づけず、一つ一つの元素を丹念に精査することにより、本発明は、不純物と見なされてきた元素を不純物としない技術としたもので、安価スクラップ多量消費の方策を開拓したものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳細に説明する。C量は0.005%以下とする。限定したのは、これ以上のC量では磁気時効に問題があるためである。

【0011】Si量は1.0～4.0%とする。Si量が1.0%未満では、Cu量を0.3%を越えて含有する成分系では、熱間脆性により疵が発生するため不可である。一方、4.0%超では鋼板の冷間での脆性問題が生じるので避けなければならない。なお、公知の如く、Siが増加すれば鉄損が改善される。

【0012】Al量を4%以下に制限する。Al量が4%超では、鋼板の冷間での脆性問題が生じるので避けなければならない。なお、Alも増加すれば鉄損が改善さ

20

30

40

50

【0021】Ti量は0.01%以下に制限する。Tiを含むと、特にSn, Cu, Ni, Cr, Vを含有する成分系で、鉄損が劣化する。この限界は0.01%である。Nb量は0.01%以下に制限する。Nbを含むと、特にSn, Cu, Ni, Cr, Vを含有する成分系で、鉄損が劣化する。この限界は0.01%である。

【0022】熱延のスラブ加熱は特に制限しないが、微細析出物を防止する目的で低温が良く、950～1200℃が好ましく、次いで、通常の熱間圧延を行う。

【0023】熱延板焼鈍を実施すると、知られているようにフェライト単相の成分系でリジングと呼ばれる縦縞状の表面欠陥を防止することができるし、また磁束密度を向上させることができるが、焼鈍コスト面から省略することも可能ではある。熱延板焼鈍は長時間のバッチ焼鈍、短時間の連続焼鈍のいずれも可能であり、焼鈍温度は、通常の600～1200℃が好ましい。

【0024】熱延板焼鈍の前、もしくは後に酸洗を行い、次いで、通常の冷延を施す。冷延後は、脱脂して、連続焼鈍に供される。焼鈍の温度は、600～1200℃程度で良いが、鉄損を改善するには結晶粒径を150μm前後にするのが好ましい。この焼鈍の後には有機質と無機質の混合した絶縁被膜を塗布、焼付けする。

【0025】コンプレッサーモータ用途などで顧客での磁性焼鈍がある場合は、絶縁皮膜のコーティングのあと

にスキンプラス圧延と称される2～15%程度の軽圧下圧延が採用される。この時、コーティングはスキンプラス圧延の後に実施されても問題ない。以下、本発明の実施例について説明する。

#### 【0026】

【実施例】〔実施例1〕各種成分を含有する鋼塊を真空溶解で作製し、加熱温度を1000℃として、熱延を行い、1.7mm厚の熱延板を得た。この熱延板に950℃×1分の均熱焼鈍を窒素ガス中で処理したものと熱延板焼鈍を実施しないものを造り、空冷後、酸洗し、冷延し板厚0.50mmとした。次いで、連続焼鈍を850℃で15秒均熱、水素中で実施した。次いで、無機・有機混合のコーティングを塗布焼付し、2μm厚の絶縁皮膜を形成した。磁気特性は、100mm×100mmの単板試料のLとC方向とを測定し平均化した。

【0027】また、成分分析も行い、それらの結果を表1に示す。なお、疵については、熱延板での端面クラックまたは製品板での表面欠陥が一個所でも発生したものを疵「有り」とし、全くないものを「なし」とした。熱延板焼鈍については、実施したものを「有り」、しないものを「なし」として表1に示した。

#### 【0028】

#### 【表1】

実験 No.	化学成分 (wt %)										熱延板 焼鈍	疵	W15/50 w/kg	備考				
	C	Si	Mn	P	S	Al	V	B	Ti	V								
1	0.001	0.004	0.11	0.04	0.0005	0.003	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.001	0.37	0.001	0.008	0.005	なし	酒り	6.1 比較例
2	0.001	0.004	0.11	0.04	0.0005	0.003	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.001	0.37	0.001	0.008	0.005	なし	酒り	5.5 比較例
3	0.001	0.004	0.11	0.04	0.0005	0.003	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.001	0.37	0.001	0.008	0.005	なし	酒り	5.1 比較例
4	0.001	1.0	0.11	0.04	0.0005	0.003	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.001	0.37	0.001	0.008	0.005	なし	なし	4.7 発明例
5	0.001	1.5	0.11	0.04	0.0005	0.003	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.001	0.37	0.001	0.008	0.005	なし	なし	4.4 発明例
6	0.001	3.1	0.11	0.04	0.0005	0.003	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.001	0.37	0.001	0.008	0.005	有り	なし	3.7 発明例
7	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	なし	5.3 比較例
8	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	なし	5.3 比較例
9	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	なし	5.3 比較例
10	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	有り	5.2 比較例
11	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	有り	5.2 比較例
12	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	有り	5.2 比較例
13	0.005	0.5	0.19	0.09	0.004	0.001	0.002	0.0002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.05	0.02	0.04	なし	有り	5.3 比較例
14	0.002	2.1	0.55	0.06	0.003	0.02	0.002	0.0033	0.007	0.004	0.006	0.23	0.11	0.09	0.07	なし	なし	4.4 比較例
15	0.002	2.1	0.55	0.06	0.003	0.02	0.002	0.0033	0.007	0.004	0.006	0.33	0.11	0.09	0.07	なし	なし	4.3 発明例
16	0.002	2.1	0.55	0.06	0.003	0.02	0.002	0.0033	0.007	0.004	0.006	0.81	0.11	0.09	0.07	なし	なし	4.2 発明例
17	0.002	2.1	0.55	0.06	0.003	0.02	0.002	0.0033	0.007	0.004	0.006	1.9	0.11	0.09	0.07	なし	なし	4.3 発明例
18	0.002	3.0	0.22	0.01	0.0003	0.43	0.003	0.0001	0.003	0.001	0.006	0.59	0.022	0.005	0.05	有り	なし	3.2 発明例
19	0.002	3.0	0.22	0.01	0.0003	0.43	0.003	0.0001	0.003	0.001	0.006	0.59	0.022	0.005	0.05	有り	なし	3.3 発明例
20	0.002	3.0	0.22	0.01	0.0003	0.43	0.003	0.0001	0.003	0.001	0.006	0.59	0.022	0.005	0.05	有り	なし	3.3 比較例
21	0.002	3.0	0.22	0.01	0.0003	0.43	0.003	0.0001	0.003	0.001	0.006	0.59	0.022	0.005	0.05	有り	なし	3.8 比較例
22	0.003	1.5	1.6	0.03	0.002	0.004	0.001	0.0001	0.007	0.002	0.004	0.78	0.03	0.07	0.17	なし	なし	4.1 発明例
23	0.003	1.5	1.6	0.03	0.002	0.004	0.001	0.0001	0.007	0.002	0.004	0.78	0.03	0.07	0.17	なし	なし	4.3 比較例
24	0.003	1.5	1.6	0.03	0.002	0.004	0.001	0.0001	0.007	0.002	0.004	0.78	0.03	0.07	0.17	なし	なし	4.8 比較例
25	0.001	1.1	0.1	0.03	0.002	3.7	0.004	0.0001	0.001	0.002	0.09	1.21	0.001	0.15	0.03	有り	なし	2.4 発明例
26	0.001	1.1	0.1	0.08	0.001	3.7	0.004	0.0001	0.001	0.002	0.09	0.025	0.26	0.002	0.03	有り	なし	2.7 比較例
27	0.001	1.1	0.1	0.08	0.001	3.7	0.004	0.0001	0.001	0.002	0.09	0.025	0.33	0.009	0.03	有り	なし	3.0 比較例
28	0.003	2.5	0.15	0.08	0.001	0.21	0.001	0.0001	0.07	0.002	0.001	0.025	0.54	0.009	0.03	有り	なし	3.8 発明例
29	0.003	2.5	0.15	0.08	0.001	0.21	0.001	0.0001	0.07	0.002	0.001	0.025	0.54	0.009	0.03	有り	なし	4.0 比較例
30	0.003	2.5	0.15	0.08	0.001	0.21	0.001	0.0001	0.07	0.002	0.001	0.025	0.54	0.009	0.03	有り	なし	4.3 比較例

(註) 下線付き数字は、本発明範囲外を表す。

【0029】本発明の範囲内の成分条件で、特に1%以上のSi量と0.3%超Cu量の組み合わせが、優れた表面性状を示し、なお且つ磁気特性も良好であることが分かった。

【0030】〔実施例2〕実施例1の実験No. 5の最終焼鈍板（絶縁皮膜付き）を使って、5%スキンパス圧

延を実施後、750℃×2時間の磁性焼鈍を窒素中で行ってから鉄損W15/50を測定すると2.7w/kgと良好な磁性が得られ、また表面欠陥も認められなかった。

#### 【0031】

【発明の効果】以上の如く、鉄スクラップを活用する無方向性電磁鋼板の成分系を開拓した。